

企業価値向上のための防災投資促進技術に関する共同研究

フェーズⅠ報告書

2006(平成18年)年4月10日

特定非営利活動法人 シビルサポートネットワーク
武蔵工業大学総合研究所
(株)長大
日本技術開発(株)
(株)篠塚研究所

はじめに

本報告書は、特定非営利活動法人シビルサポートネットワークをコーディネーターとして、武蔵工業大学総合研究所、(株)長大、日本技術開発(株)、(株)篠塚研究所による産学協同研究「企業価値向上のための防災投資促進技術に関する共同研究」(Phase 1:平成17年9月—平成18年3月末)の成果をまとめたものである。

研究開発の目的および要旨は以下の通りである。

研究目的

1. 背景

地震防災への取り組みは企業価値を高め、また地域社会の防災性向上に資する意味でも、重要な検討課題である。しかしながら、投資効率を物差として企業選別を行う外資の急増や国際間の競争の激化などから、企業は短期的な投資効率を重視する傾向にあり、長期的な視点が必要な防災投資に積極的に取り組む企業は少ない。

間接金融から直接金融の時代を向かえ、企業の資金調達手段は多様化し、市場を通じた社債株式による調達が比重を占めるようになった。これを受け、企業は安定した資金調達を実現するため借り入れとしての調達を含め、投資家の意向を重視する傾向にある。ところが、地震リスクを取り入れた投資判断指標は必ずしも整備されておらず、投資家は地震対策に熱心な企業とそうでない企業の選別ができない。一方の企業は、企業価値に与える防災投資の貢献度を示す手立てがなく、防災投資をIR(Investors Relations)活動や社会的責任投資(SRI)の一環として位置付けることができない。これは、企業が防災投資にインセンティブを持ってない状況の一因となっている。

一方、防災対策はリスクの転嫁、分散、低減、保有など、物理的な対策から金融的な対策まで多様であるが、これら対策の組み合わせを含め、一つの尺度で効果を記述する方法は未整備である。企業が持つ選択肢の多様性を考慮すると、防災投資の妥当性を統一的に評価することは不可欠である。

2. 研究提案

日本政策投資銀行のレポート「防災マネジメントによる企業価値向上に向けて」は、企業の防災投資が企業価値の向上、さらには地域経済や社会に対しても有益であることを述べたうえで、企業の防災マネジメントに関する考え方や方法論、要素技術、さらには事例を踏まえ幅広くリサーチしている。特に、災害時の事業継続プラン(BCP)については、中心的な役割を担う考え方として位置づける一方、先行している環境会計と対比しつつ、企業財務における防災会計の必要性やあり方について論じている。また、要素技術として、防災投資は長期的な視点が必要であるとの考え方の下、その効果を記述する既存モデルとして、費用便益分析ならびにLCCを取り上げ紹介している。しかしながら、防災投資効果を記述する適切な方法や指標については課題とし、ま

た企業の自主的な取り組みを促進する立場から、基準化による企業活動への弊害について指摘している。

本研究は、上記レポートを受け、企業の防災投資を促進するための具体的な方法や指標の開発を目標に、参加各社による共同研究組織の下で実施する。研究は Phase 1 ならびに Phase 2 に分けられる。

Phase 1 は、①企業を取り巻くステークホルダーが共通の理念で理解できる情報とは何かを検討した上で、②防災への取り組みを企業会計に則した情報として開示できる指標を検討し、③その具体的な評価方法を検討する。④地震の発生や被害の不確実性等、将来推計におけるリスクを反映できる評価モデルを開発し、⑤既存の財務指標との整合性を図りつつ、物理的、金融的対策の区別なく、防災投資による企業価値を合理的に記述できる指標の提案を行うものである。

Phase 2 は、Phase 1 の研究成果を受け、⑥具体的な事例解析を通じモデルの適用性について検討を行い、可能な範囲で公表（論文発表を含む）を行う。一方、公益事業についても市場原理に則した効率化や質的向上が求められている実情を考慮し、⑦社会資本の防災投資を促進する指標あるいはモデルとして、その適用可能性について検討する。

3. 研究内容

① ステークホルダーの検討

企業の利害関係者は、主に顧客、従業員、債権者、株主、さらに地域住民などであるが、視点によって企業価値や活動の目標が異なる実態がある。例えば顧客に対しては、発災時における事業継続の可能性（BCP：Business Continuity Plan）が重視され、債権者や株主に対しては、信用リスクの減少や収益率の向上が重視される。誰の視点を重視し、あるいは尊重すべきかについて企業活動の本質や社会的役割を整理しつつ検討する。

② 企業価値を示す財務指標の検討

近年、企業の財務状況を公平かつ客観的に示すことを目標に、キャッシュフロー計算書の導入、連結決算重視、時価評価（減損会計）の導入など企業の会計制度は大きく変化している。このような動きを考慮しつつ、企業の防災活動を企業価値の視点で評価できる財務指標について検討する。

③ DCF(Discounted Cash Flow)法の検討

LCC の課題として、レポート「防災マネジメントによる企業価値向上に向けて」において指摘されている期待値を指標とする問題、ならびに割引が考慮されていない実情や防災投資による収益の改善効果を記述できない問題を取り上げる。そして、企業の機会費用が資本コストに依存し、また NPV(Net Present Value)や CFROI(Cash Flow Return on Investment)、IRR(Internal Rate of Return)などが投資活動の指標として利用されている実態を整理し、LCC の発展モデルとして、キャッシュフローに着目した DCF 法について検討する。

④ 確率論的 DCF 法の開発

地震の発生や被害の可能性、さらには企業収益の不確実性などから、期待値あるいは確定的な予測には限界があることを指摘する。そして、確率事象としての地震損失（地震リスク）に不確

定性を考慮した企業収益を経時的に取り入れることができる確率論的 DCF 法を開発する。その際、保険や災害デリバティブ、防災投資の資金調達方法、さらには防災投資のタイミングを検討する、いわゆるリアルオプション手法まで含めた、幅広い対策の効果を評価できるようにする。

⑤ 指標の提案

割引率によって結果が異なる DCF 法の問題点を指摘し、この点を改善し、かつ企業の財務指標との整合性が図れる新たな防災投資指標について提案する。

⑥ 事例解析

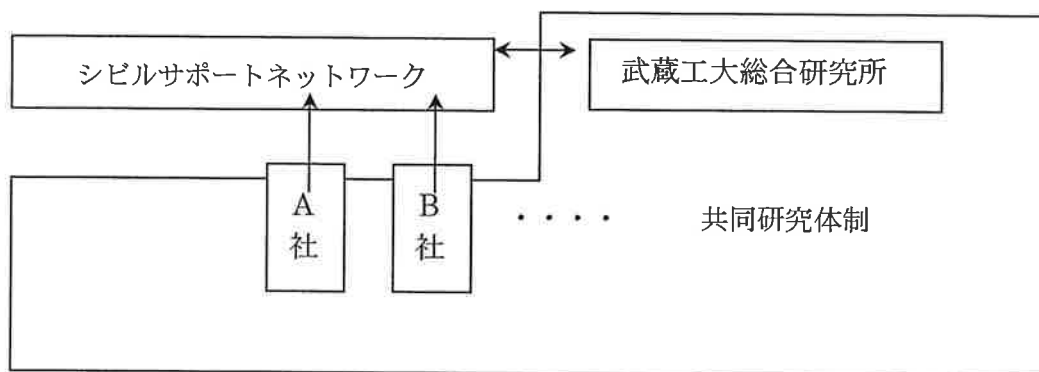
対象企業を選定し、事例解析を通じてモデルや指標の適用性について検討する。そして、実用的なモデルとしての高度化を進める。

⑦ 社会資本への適用性の検討

費用便益分析は、一定期間に発生する費用と便益の現在価値を比較し、公益事業の必要性や効率性を分析・判断するものである。この方法は、DCF 法と基本的に同じであり、判断指標〔EIRR (Economic Internal Rate of Return), ENPV (Economic Net Present Value), CBR (Cost Benefit Ratio)〕についても同じである。また、公益事業といえども市場原理に則した効率化や質的向上が求められている実情を勘案し、社会資本の防災投資を促進する指標あるいはモデルとして、その適用可能性について検討する。

4. 研究体制

研究体制は、シビルサポートネットワークをコーディネーターとし、参加各社ならびに武蔵大総合研究所との共同研究組織とする。シビルサポートネットワークは本組織の研究を促進するため日本政策投資銀行と情報交換を行い研究サポートを行う。



研究の実施形態は、武蔵工業大学総合研究所インフラテック研究室あるいはその他の場所において、定期的に研究会を行い、技術、情報、研究成果を共有する。

5. 研究期間

研究期間について、Phase 1は平成18年3月末まで、Phase 2は平成18年12月までとする。Phase 1は、目標達成を確かなものとするため、主に講義形式で進め、互いの技術レベルの整合性を図る。Phase 2は、製造業や社会資本を対象とした事例評価・分析を行う。

6. 研究費用と成果

研究費用は、参加各社が共同で負担し、Phase1 については一社 200 万円、Phase2 については一社 100 万円とする。参加各社は、本研究の成果や技術を共有し、企業の防災投資を促進するためのコンサルタントビジネスに利用する。

防災促進技術共同研究会の講義日程と概要

1. 本講義の意義と目的

本研究会では、互いの技術レベルの確認ならびに整合性を図り、目標達成を確かなものとするため、以下の日程に従い講義ならびに演習を行う。

2. 会 場

武蔵工大総合研究所会議室、世田谷区等々力（大井町線等々力駅下車）とする。

3. 日 程

第一回	9月9日（金）	14:00-17:00
第二回	9月30日（金）	14:00-17:00
第三回	10月21日（金）	14:00-17:00
第四回	11月4日（金）	14:00-17:00
第五回	11月25日（金）	14:00-17:00
第六回	12月16日（金）	14:00-17:00
第七回	1月27日（金）	14:00 - 17:00
第八回	2月17日（金）	14:00 - 17:00
第九回	3月17日（金）	14:00 - 17:00

4. 講義の進め方

14:00-17:00 の内、前半は講義、後半は演習とする。

5. 講義概要

第一回 企業価値と財務評価

○ 企業価値

株主価値、割引現在価値としての企業価値、財務諸表、CF 計算書

○ 資産構成と資金調達

有利子負債コストと資本コスト（WACC）、Debt と Equity、レバレッジ効果、業績指標

第二回 主要金融理論

- 金利と割引
時間選考、単利と複利、連続複利、インフレ率
- リスクプレミアム
平均・分散モデル、資本資産価格モデル (CAPM)
- 収益還元法と投資判断
直接還元モデル、DCF 法、期待収益率、純現在価値 (NPV)、内部収益率 (IRR)

第三回 地震リスク評価 (要素技術)

- 損傷確率と地震損失
構造信頼性、Fragility Curve と Damage Function、Event Tree、Loss Function
- 地震危険度とリスク
Risk Curve、AEL、マルチイベントモデルとポートフォリオ
- Seismic LCC と供用期間の Risk Curve
地震事象の確率過程、ポアソンと BPT 分布

第四回 地震リスクマネジメントと Business Continuity Plan

- リスク評価用モデル
ユニットとブロック、生産工程の並列システム
- 操業停止評価
極値統計論、Recovery Curve、操業停止のポートフォリオ、事業損失
- 対策の多様性と地震防災
物理的対策、金融的対策、意識行動対策、事後支援対策、費用対効果

第五回 ランダムウォークと Stochastic DCF 法

- ランダムウォークから幾何ブラウン運動
平均と分散、相関、対数階差、初到達時間、事業破綻確率、直接還元
- Stochastic DCF 法
リスク/企業価値、リスク/リターン (ROI, ROE)

第六回 防災投資と企業価値

- 地震リスクと企業価値
地震リスクの割引現在価値、単一事象モデル、企業財務と地震リスク
- 防災投資効率
リスク受容度、企業経営と Index
- オプションアプローチ
独占的オプションと相対オプション、防災対策のオプションアプローチ

第七回 事例解析

- 生産工場の防災投資効果（その1）

第八回 事例解析

- 生産工場の防災投資効果（その2）
地震損失とリスクカーブ

第九回 事例解析

- 生産工場の防災投資効果（その3）
財務影響分析とリスク/企業価値

研究会参加者

星谷 勝	武蔵工業大学総合研究所、インフラテック研究室、教授
野田 健太郎	日本政策投資銀行、政策企画部、課長
中村 孝明	武蔵工業大学工学部、客員教授、(兼) (株)篠塚研究所、主席研究員
岡崎 賢司	(株)長大、マネージメント事業部、メンバー
木澤 幸子	(株)長大、マネージメント事業部、メンバー
磯山 龍二	日本技術開発(株) 技術本部長
山本 宏一	日本技術開発(株)、PPP 室、プロジェクトマネージャー
石田 栄介	日本技術開発(株)、防災・保全グループ、プロジェクトマネージャー
塚本 博之	日本技術開発(株)、防災・保全グループ、エンジニアリングスタッフ
山本 欣弥	攻玉社工科短期大学、環境建設科、教授
丸山 收	武蔵工業大学工学部、都市基盤工学科、助教授
白旗 弘美	武蔵工業大学工学部、都市基盤工学科、助教授
川上 洋介	(株)篠塚研究所、研究員
辻田 満	NPO シビルサポートネットワーク、代表理事
宇佐 洋二	NPO シビルサポートネットワーク、副代表理事
出崎 太郎	NPO シビルサポートネットワーク、事業部長

主な研究会配布資料リスト

1. 野田、防災マネジメントによる企業価値向上に向けて(9月9日)
1. 中村、企業価値と財務評価(9月9日)
2. 中村、レバレッジ効果とMM理論(9月9日)
3. 星谷、防災投資促進技術の開発(9月9日)
4. 中村、主要金融論(9月30日)
5. 石田、関東地域(東京ガス供給エリア)の地震ハザード評価(9月30日)
6. 石田、リアルタイム地震防災で活用される被害推定技術の現状(9月30日)
7. 中村、地震リスク評価(要素技術)(10月21日)
8. 中村、地震リスクマネジメント(11月4日)
10. 山本、ライフラインの広域復旧戦略シミュレーターの開発(11月4日)
11. 建設通信新聞、『防災格付融資を創設』平成17年10月13日記事(11月4日)
12. 野田、DBJの災害への取り組み - 防災・減災に向けた新たなアプローチ(11月25日)
13. 野田、「防災に対する企業の取り組み」自己評価項目表 第一版(11月25日)
14. 中村、防災投資促進技術の課題について(11月25日)
15. 山本、解析演習課題 上水道(11月25日)
16. 中村、SDCF法と意思決定(12月26日)
17. 山本、確率論的DCF法を用いた上水道の地震リスク対策の検討(12月26日)
18. 野田、企業の防災への取り組みに関する特別調査を実施(1月27日)
19. 中村、地震損失の累積関数とリスクカーブ(2月17日)
20. 岡崎、木澤、演習の途中経過報告、キャッシュフローに関する整理、
財務影響分析(2月17日)
21. 木崎、演習の途中経過報告(3月17日)
22. 星谷、野田、中村、企業の防災投資促進技術の開発(その1)(4月10日)
23. 石田、岡崎、川上、防災投資促進技術の開発(その2)
- 製造業を対象とした発災時財務影響分析(4月10日)
24. 磯山、木澤、川上、防災投資促進技術の開発(その3)
- 企業価値を指標とした防災投資判断(4月10日)

企業の防災投資促進技術の開発（その1）—研究の要旨—

武蔵工業大学総合研究所 正会員 ○星谷 勝
日本政策投資銀行 非会員 野田健太郎
(株) 篠塚研究所 正会員 中村孝明

1. はじめに

本報は、企業の防災投資を促進するための具体的な方法や指標の開発を目標に、2005年9月よりスタートした、『企業価値向上のための防災投資促進技術に関する共同研究』の成果の一部を報告する。組織はNPO 社'ルポ-トネットワーク（代表辻田満）をプロモターとして大学（武蔵工業大学総合研究所）、建設コンサルタント（日本技術開発、長大、篠塚研究所）、日本政策投資銀行から構成される産官学の共同研究組織である。本報告はその1で研究の要旨、その2で地震による企業財務への影響、その3は企業価値を指標にした防災投資判断について、それぞれ発表する。

2. 研究の背景と目標

企業は短期的な投資効率を重視し、長期的な視点が必要な防災投資に積極的に取り組む企業は少ない。しかしながら、企業が被る地震被害は施設の損壊のみならず、操業中断による顧客あるいは取引先への信頼の喪失、火災や危険物の漏洩による2次的災害など多様である。このため、事前に地震被害に伴う損失、事業停止期間、2次災害等を予測し、企業としての地震リスクを把握するとともに企業にとって最も効果的と判断できる対策を選定、実施することが地域社会の防災性向上に資する意味でも重要である。一方、企業の資金調達手段は多様化し、市場を通じた社債や株式による調達が比重を占めるようになった。これを受け、企業は安定した資金調達を実現するため借り入れとしての調達を含め投資家の意向を重視する傾向にある。ところが、地震リスクを取り入れた投資判断指標は必ずしも整備されておらず、投資家は地震対策に熱心な企業とそうでない企業の選別ができない。一方の企業は、企業価値に与える防災投資の貢献度を示す手立てがなく、防災投資をIR（Investors Relations）活動や社会的責任投資（SRI ; Socially Responsible Investment）の一環として位置付けることができない。これは、企業が防災投資にインセンティブを持っていない一因となっている。このような中、内閣府¹⁾は、企業の防災性向上を目的として、事業継続計画（BCP ; Business Continuity Plan）に関するガイドラインをまとめ発表している。日本政策投資銀行²⁾は、防災への自発的な取り組みを支援する立場から、企業財務における防災会計の必要性について論じた上で、防災投資効果を記述する適切な方法や指標については今後の課題としている。また、同行は防災への取り組みを評価し、積極的な企業に対しては低利で防災への取り組みに対する資金を融資する仕組みを2006年4月よりスタートさせた。企業の防災投資促進を目的とした具体的な方策が国レベルで進められている。

以上を踏まえ、本研究は①企業を取り巻くステークホルダーの視点で企業価値とは何かを検討した上で、②防災への取り組みを企業財務に則した情報として開示できる方法を検討する。③地震の発生や被害の不確実性等、将来推計におけるリスクを反映できる評価モデルを開発し、④既存の財務指標との整合性を図りつつ、物理的、金融的対策を取り込み、防災投資による企業価値を合理的に記述できる方法ならびに指標の提案を行うものである。

3. 企業のステークホルダーと企業価値

企業の利害関係者は、主に顧客や取引先、従業員、債権者、株主、さらに地域住民などであるが、視点によって企業価値や活動の目標が異なる。だれの視点を重視し、尊重すべきかについては業種や社会的役割、活動方針や経営理念に応じた個別性を持つものと考えるが、様々なステークホルダーが存在する中で、近年の傾向としては株主を重要と考える企業が多い。事実、経営者が重視する業績指標の調査³⁾では、利益の伸び率と並び投下資本利益率（ROE ; Return on Equity）が最上位に位置している。一方、事業を長期的に繁栄させるには、国際社会や地域社会の安定が重要であり、そのメリットを享受する企業は社会に対して一定の責任を果たす義務がある。これがCSR

キーワード 地震防災、企業価値、BCP、企業財務、防災投資指標

連絡先 〒158-0082 東京都世田谷区等々力8-15-1 武蔵工業大学総合研究所 TEL 03-5706-3879

(Corporate Social Responsibility)であり、その金融面からの具体的な活動として前記した社会的責任投融資 (SRI) がある。しかしながら、CSR は企業経営が健全に推移することが重要なポイントである。SRI は企業価値を示す一つの尺度になりうるが、必ずしも十分なものではない。つまり、企業価値を示すには収益力、経営の健全性や資金面での余力、安定性といった尺度が重要であり、このような問題に直接利害を有する資金提供者の視点を優先するのが自然であると考える。

4. 企業価値と財務

近年、企業の会計制度はキャッシュフロー (CF) 計算書、連結決算、時価評価 (含む減損会計) の導入により大きく変化している。従来は、経営者が選ぶ会計ルールによって損益計算書で計算される利益が異なる実態があった。つまり、利益に経営者の裁量や恣意性が入り込む余地があった。そこで、恣意性を排除し財務状況を公平かつ客観的に示すことを目標に、キャッシュの出入りに着目する CF 計算書が導入された。CF 計算書から資金提供者への還元原資に相当する FCF (Free Cash Flow) を求めることができ、ROE を含めた各種業績指標を求めることも容易となる。また FCF の予測を行うことでその割引現在価値として企業価値、株主価値が求められ、さらには投資家に配当できるリターンを予測することができる。これは資金提供者にとって貴重な意思決定情報となる。このような観点から本研究では FCF に着目し、地震災害による FCF の低下を考慮した企業価値や各種の業績指標を推計するモデルを開発する。

5. 企業の確率論的割引現在価値

資金提供者の投資行動は、ハイリスク・ハイリターン、ロウリスク・ロウリターンなど配当とリスクの関係に基づいた投資メカニズムに則っている。このメカニズムを健全に働かせるにはリスクに応じた配当や企業価値を客観的な情報として明示する必要がある。一方、社会情勢や企業活動の不確実性などから FCF は一定の幅、つまりばらつきを持つ。これまでは、最も起きやすいシナリオを前提に FCF を確定的に設定するケースが大半であった。しかしながら、リスクは確定的な値からのマイナス側への乖離であり、乖離の幅が大きい程リスク大と判断できる。地震災害はマイナス側への乖離を拡大させる厄介な事象であり、場合によっては企業価値を著しく低下させ、倒産に至ることもある。そこで、ばらつきを伴う FCF に地震リスクを取り込み、その現在価値として企業価値を推計する。これによりリスクの大きさと企業価値を一体で評価でき、投資メカニズムを反映した投資判断が可能となる。本研究では確率論的 DCF (Discounted Cash Flow) 法を使い企業価値を確率分布として評価する。式で表すと以下のようになる。

$$Y = \sum_{i=1}^n (X_i - S_i)d_i + v_n d_n + v_0 \quad (1)$$

Y は企業価値、 X は FCF、 S は地震損失の確率変数、 d_i は割引因子、 v_n は残存価値、 v_0 は現在の剰余資産である。

6. 防災投資判断

防災対策の実施判断では、防災対策の効果を企業価値という視点で定量的に示す必要がある。例えば、補強対策は設備投資としての費用支出となり、地震保険は毎期の営業活動としての支出となる。これらは FCF を低下させ企業価値は低下するものの、同時に地震損失も低下するため企業価値は相対的に上昇する。この低下と上昇のバランスにより、対策の実質的な効果を評価する。また、本研究は企業の財務収支に着目していることから補強費用を借入で賄うケースや保険と補強対策の組み合わせなど、多様な対策の効果を一元的に比較することも利点の一つである。また、防災投資による企業価値向上を定量的に示すことは、資金提供者の理解を得るのに大いに役立つ。具体的なモデルや事例はその 2、その 3 で述べる。

参考文献

- 1) 民間と市場の力を活かした防災力向上に関する調査会 企業評価・業務継続ワキンググループ：事業継続ガイドライン第1版、内閣府 中央防災会議, PDF file
- 2) 日本政策投資銀行：防災マネジメントによる企業価値向上に向けて、調査 No80., P. 78., 2005. 3
- 3) (社) 生命保険協会：H13, H17 株式価値向上に向けた取り組み状況について、企業向けアンケート集計結果, PDF File

防災投資促進技術の開発（その2）—製造業を対象とした発災時財務影響分析—

日本技術開発（株） 正会員 ○石田栄介
（株）長大 非会員 岡崎賢司
（株）篠塚研究所 非会員 川上洋介

1. はじめに

被害地震が発生すると、企業は建築物や設備等の物的損失のほか操業停止による事業損失や従業員の人命の喪失など、広範囲にわたり被害を受ける。特に有形固定資産を数多く所有しこれを収益の原資とする製造業は、資産の復旧費用やその間の操業停止などの損失を被り、復旧のための多額の資金を必要とする。資金が不足し、さらに調達できない場合には事業の存続も危ぶまれる。本報では、地震発生時の損害額を定量的に評価し、企業財務への影響を分析すると共に発災時に必要となる資金を算定する方法を示す。製造業を例題としてシミュレーションを行い、資金調達について考察する。

2. 財務分析の方法

地震発生後の資産の復旧費用や事業損失額に対する備えが不十分な場合、当該企業は現金あるいは現金同等物が不足し、債務不履行に陥ることになる。地震発生後に備えるべき費用を把握するためには、現金の出入りを示したキャッシュフロー計算書（以下 CF 計算書）に着目する必要がある。CF 計算書は主たる事業の収益に関する営業活動 CF、将来の価値を創造するための投資活動 CF、資金調達・返済に関する財務活動 CF から構成される。本報告では、具体的な地震の発生を前提に損害額（物的損失額、事業損失額）を推計し、同額を CF 計算書に取り込み、期末の現金あるいは現金同等物を計算、分析する。分析の手順を示すと以下のようになる。①重大な影響を与えると予想されるシナリオ地震を設定し、これによる損害額を推計する。②過去の CF 計算書を参照し、次期末の CF 計算書を推計する。③次年度にシナリオ地震が発生したと仮定し、投資活動 CF に建屋・設備を修復するのに必要な費用（物的損失額）を加算する。④営業活動 CF の税引前当期純利益（地震が発生しない状況）から地震による事業損失額をマイナスする。⑤配当金や法人税の支払いや通常行っている設備投資や自社株買いなどは行わないものとする。⑥当該期の現金および現金同等物の増減額に、期首の現金および現金同等物残高を加え、当該期末の残高を計算する。

次に、期末残高がマイナスになった場合には必要資金の調達を行わなければならない。ここでは、借入ならびに地震保険を取り上げ、その方法と手順を示す。まず金融機関等からの借入を行う場合、財務活動 CF の長期あるいは短期（1年で返済できる場合）借入の項目にその借入額をプラスする。地震保険に加入している場合、受け取り保険金を営業活動 CF にプラスする。そして、それぞれ期末残高を計算し、マイナスにならないことを確認する。なお、保険金の支払期日は半年程度遅れることを念頭に置く必要がある。工場設備修復のための資金の支出については、修復工事を請け負った建設会社等への支払い時期を考慮することも重要である。また、剰余金や法的準備金等の資産の流動性を確保しておくことも重要である。

3. シミュレーション

静岡県富士市を拠点とする製造業 A 社を対象とする。地震による損失対象資産（建物、構築物、機械装置等）の価値（再調達価格）は 259 億円とする。また、年間の売上総利益は財務諸表に基づき 28 億円に設定する。地震の発生に伴う A 社の損失額は、これらの値を対象として算定する。シナリオ地震は切迫性の高い東海地震とし、この地震による工学的開放基盤面での加速度は約 480Gal である。図 1 に A 社の地震ロス関数、図 2 に操業停止日数の関数を示す。両図共横軸は工学的開放基盤での最大加速度（PBA）である。これらは地震リスク評価手法¹⁾に基づいて算定したものである。図 1 より、480Gal 作用時の物的損失率は平均 0.32、90%非超過では 0.74 となる。ここでは平均を採用し物的損失額は 83.4 億円となる。ちなみに、一方、事業損失額は、年間の売上総利益の 28 億円を 360 日

キーワード 地震リスク、財務影響分析、コミットメントライン、地震保険

連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-20-4 (株)長大 マネジメント事業部 TEL 03-3639-3317

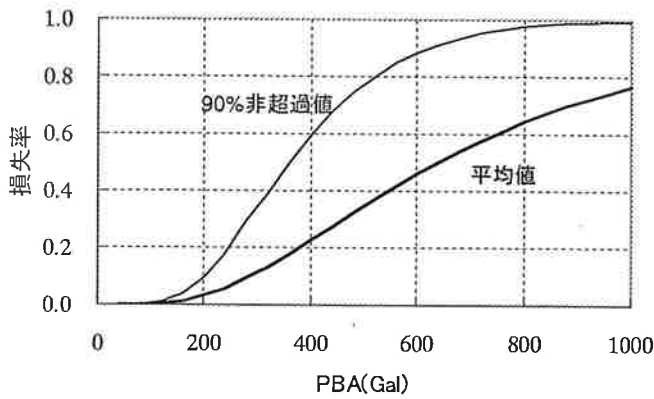


図1 ロス関数

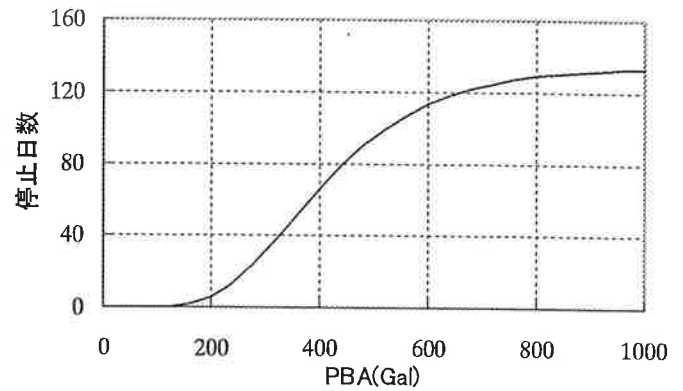


図2 操業停止関数

で除し、図2より読み取れる操業停止日数90日を乗じ7.2億円となる。なお、売上総利益に着目するのは、操業停止期間は原材料等の資材を購入しないことが理由である。また、物的損失や事業損失のほかにも顧客への補償費用や地域住民への派生的被害などの損害も想定されるが、ここでは省略している。次に、上記の損失額をCF計算書に反映させ、必要資金を算定する。表1にCF計算書の大項目を平常時とシナリオ地震が発生した場合を比較して示す。

表1 平常時と地震発生時のキャッシュフローの比較

区分	キャッシュフロー(単位:百万円)			備考
	1期目	2期目		
		平常時	地震発生時	
営業活動によるキャッシュ・フロー	980	1,040	740	事業損失額(720)を減算、法人税等の支払額を0に設定
投資活動によるキャッシュ・フロー	△ 180	△ 750	△ 9,090	物損額(8,340)を建替費用として減算
財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 700	△ 340	△ 220	配当金支払額を0に設定
現金及び現金同等物の残高	期首	1,130	1,230	1,230
	期末	1,230	1,180	△ 7,340

1年目(平常時)の期末残高は12.3億円である。2年目の期末残高は、地震が発生しなかった場合、11.8億円と大きく変化することはないが、東海地震が発生した場合、73.4億円のマイナスとなり、大幅な資金不足が予想される。発災後、企業経営、財務共に深刻な状況であり、通常の借入、増資、社債発行は極めて困難である。このため、事前に必要資金の調達枠を準備しておく必要があると考察できる。

4. 資金調達の考察とまとめ

地震保険以外の資金調達手段として金融機関と予め融資の約束をしておく、いわゆるコミットメントラインの利用が考えられる。また、SPC(特別目的会社)に必要な資金をプールしておき、平常時は国債等で運用しつつ発災時に資金を引き出す方法もある。一方、損失額そのものが大きい場合、施設の耐震補強や生産の代替機能を確保するなど、物理的な対策を有効に活用しつつ、場合によっては金融対策と併用することも重要である。

いずれにしても、被害地震の切迫性や損害額の大きさ、財務情報、対策に必要な費用などを総合的に分析した上で、効果的な対策を実施しておくことが必要である。本報で示した発災時財務影響分析は、被害地震の発生が切迫している地域の企業にとっては特に不可欠な分析手段となろう。今後は、発災時のCF計算書から、各種の財務指標を算出し、企業活動に与えるインパクトについて分析したいと考えている。

なお、本報はNPOシビルが-ネットワーク(代表辻田満)をプロモーターとして大学(武蔵工業大学総合研究所)、建設コンサルタント(日本技術開発、長大、篠塚研究所)、日本政策投資銀行から構成される産官学の共同研究の成果の一部である。

参考文献

- 1) 星谷勝・中村孝明：構造物の地震リスクマネジメント、山海堂、P.180.、2002.

日本技術開発（株） 正会員 ○磯山龍二
 長大（株） 非会員 木澤幸子
 （株）篠塚研究所 非会員 川上洋介

1. はじめに

企業価値は、その企業が稼ぎ出す将来の Cash Flow（以下 CF）の割引現在価値として求められる。具体的には、営業活動 CF から投資活動 CF を差し引き支払利息等を加えて求められる、いわゆる FCF の現在価値である。地震災害が発生すると施設を修復するための設備投資ならびに事業停止による営業損失が生じ、前者は投資活動 CF を増加させ、後者は営業活動 CF を減少させる。トータルとしての FCF は低下し企業価値は低下する。一方、FCF ならびに地震損失は不確実な事象に起因した蓋然性を持つため企業価値は一定のばらつきを伴う。本報は、地震損失による企業価値の毀損を確率関数として評価するモデルを提示する。製造業を例題として企業価値の低下を定量的に示し、企業の防災投資について考察する。

2. 企業価値の確率論的アプローチ

企業価値は以下のような確率変数の関数として表現できる。

$$Y = \sum_{i=1}^n (X_i - S_i)d_i + v_n d_n + v_0 \quad (1)$$

ここに、 n は評価期間、 Y は企業価値、 X_i は通常の FCF の確率変数である。 S_i は地震損失の確率変数で物的損失に事業損失を加えたものである。 d_i は割引因子であり r を割引率として $1/(1+r)^i$ となる。 v_n は残存資産であり工場や製造設備などの生産活動に直接関係する資産の総額である。 v_0 は現金あるいは現金同等物や遊休資産など、生産活動に直接影響しない剰余資産である。さらに X_i と S_i を独立とすると(1)式は以下のように展開できる。

$$Y = X^{(n)} - S^{(n)} + v_n d_n + v_0 \quad (2)$$

ここに、 $X^{(n)}$ は n 年間の FCF の現在価値である。 $S^{(n)}$ は地震損失の現在価値であるが便宜上本報では地震損失に関し割引は考慮しない。つまり n 年間のリスクカーブ¹⁾ の導関数として求められる。次に、FCF の確率変数 X_i は以下のランダムウォークに従うと仮定する。

$$X_i = x_0 + \sum_{j=1}^i Z_j, \quad Z_j \sim NID(\mu_j, \sigma_j^2) \quad (3)$$

ここに、 x_0 は初期値、 Z_j は正規分布の独立増分であり μ_j 、 σ_j はその平均値と標準偏差である。(3)式より各期の平均値、標準偏差は同じとすると、 $X^{(n)}$ の特性値は以下ようになる。

$$E\{X^{(n)}\} = x_0 d_{1-n} + \mu \sum_{i=1}^n d_{i-n} + v_n d_n + v_0, \quad \text{var}\{X^{(n)}\} = \sigma^2 \sum_{i=1}^n d_{i-n}^2 \quad (4)$$

ここに、 $d_{i-n} = d_i + d_{i+1} + \dots + d_n$ である。以上より、 x_0 、 μ 、 σ 、 v_0 、 v_n ならびに割引率、 $S^{(n)}$ を与えれば企業価値 Y は任意の確率分布として求められる。なお、本研究では企業価値 Y は超過確率関数として記述し、これをリスク・企業価値曲線と呼ぶ。

3. シミュレーション

静岡県富士市に所在する A 社製造工場を対象に、地震リスク（物的損失のみ）を考慮した企業価値 Y の超過確率関数を求める。評価期間は 5 年間とし割引率 r は 5% とする。A 社の財務諸表より FCF の初期値 x_0 を 6.18 億円、独立増分の平均値 μ を 0.0、標準偏差 σ を 0.62 億円とする。5 年後の残存資産は 291.7 億円、剰余資産は 0.0 とする。地震損失の対象となる資産（再調達価格）は 259 億円とする。図 1 に該工場のロス関数を図 2 にリスクカーブを示

キーワード 地震防災、企業価値、割引現在価値、DCF 法、防災投資指標

連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-20-4 (株)長大 マネジメント事業部 TEL 03-3639-3317

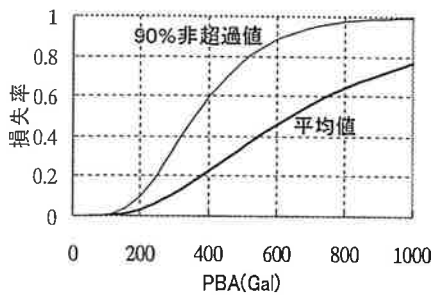


図1 ロス関数

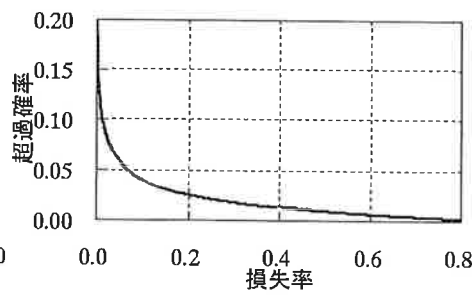


図2 リスクカーブ (5年間)

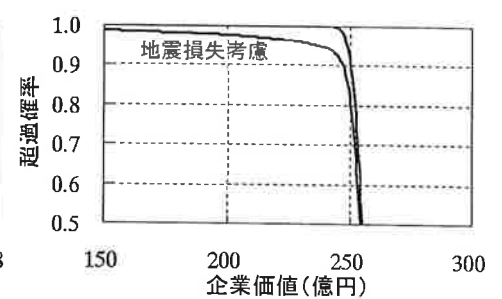


図3 リスク・企業価値曲線

す。ロス関数は平均と90%非超過値を示している。横軸は基盤最大加速度、縦軸は再調達価格で基準化している。リスクカーブは5年間での値である。図3に地震損失を考慮したケースとしないケースのリスク・企業価値曲線を比較して示す。図の縦軸は5%の収益を得ることを前提に企業価値の実現度を確率で示したもので、安全性や信頼性などの尺度を意味する。

表1 超過確率に対応する企業価値(億円)

超過確率	地震損失なし	地震損失考慮
0.99	246	130
0.95	248	237
0.90	250	247
0.50	255	254

図3より、企業価値は地震損失により低下している様子が明瞭である。

表1に超過確率0.99, 0.95, 0.90, 0.50に対応する企業価値を示す。表より、超過確率0.5(中央値)では、255億円の企業価値は地震損失により254億円に低下する。低下量としては少ないものの、超過確率0.95では248億円が237億円に、0.99では246億円が130億円と低下は著しい。これは、この企業が今後5年間に、99%の安全度あるいは信頼度で運営するのであれば、地震損失による企業価値の毀損を116億円程度見込む必要があることを示している。換言すれば、1%程度の低頻度事象によって企業価値は116億円毀損することになる。この毀損分が企業活動に著しい影響を与えるのであれば、何らかの防災投資を実施する必要がある。一方、企業運営の安全度を90%程度と設定した場合、企業価値の毀損は3億円となり現段階では対策を見送ることも考えられる。防災対策に熱心な企業とそうでない企業に分かれる実態は、財務的な事情に加え、経営者個々の安全に対する方針の差に起因している。提案モデルはこのような個別の財務的な事情に経営者の運営方針を加味した高度な判断を可能にする。

一方、資金提供者の多くはリスクと配当の関係を踏まえた投資メカニズムに則って投資判断を行う。このため、リスクと企業価値を一对で明示できるリスク・企業価値曲線は有益な情報を提供することになる。また、企業価値から負債総額を差し引くことで株主価値を求めることができる。上場企業であれば株の時価総額との対比により株主が毀損する損失額を評価することが可能となる。これは株主が防災対策の必要性を把握するのに効果的である。

4. 防災投資に関する考察

RCFをベースとした本モデルは、補強対策の費用、地震保険等金融対策の経費などを容易に取り込むことができる。一方、対策により地震損失は低下し、リスクカーブは低下する。防災投資と地震損失の低下はリスク・企業価値曲線に直接反映され、一定の安全度(例えば95%など)をクライテリアとして企業価値が上昇するかあるいは低下するかを見ることで、合理的な防災投資の意思決定が可能となる。これにより、資金提供者と情報を共有できる素地を提供し、説明責任を貫徹することができると考える。

5. まとめ

地震損失による企業価値の毀損を確率関数として評価するモデルを提示し、製造業を例題として企業価値の低下を定量的に示した。本モデルは企業個別の財務事情に経営者の運営方針を加味した高度な判断、ならびに資金提供者との情報の共有化を可能にする。今後は、実用化に向け要素技術の整備、事例分析等を進めていきたい。

なお、本報はNPO 地球ネットワーク(代表辻田満)をプロモーターとして大学(武蔵工業大学総合研究所)、建設コンサルタント(日本技術開発、長大、篠塚研究所)、日本政策投資銀行から構成される産官学の共同研究の成果の一部である。

参考文献

- 1) 遠藤透, その他: 供用期間を考慮した地震リスクカーブによる耐震計画判断その1, 建築学会大会学術講演梗概集 B-I., 2005.